
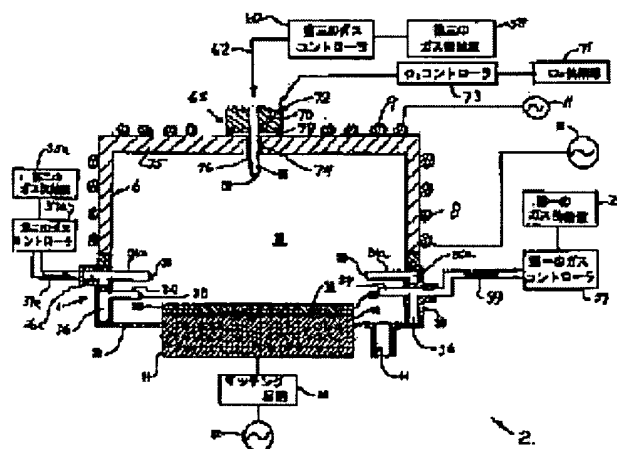


**DEPOSITING CHAMBER AND METHOD FOR FILM WITH LOW DIELECTRIC CONSTANT****Publication number:** JP10321613**Publication date:** 1998-12-04**Inventor:** LI SHIJIAN; WANG YAXIN; REDEKER FRED;  
ISHIKAWA TETSUYA; COLLINS ALAN W**Applicant:** APPLIED MATERIALS INC**Classification:****- international:** C23C16/40; C23C16/455; C23C16/44; C23C16/40;  
C23C16/455; C23C16/44; (IPC1-7): H01L21/31;  
C23C14/34; C23C16/44; H01L21/205**- european:** C23C16/40B; C23C16/455**Application number:** JP1998012227 19980501**Priority number(s):** US19970851856 19970506**Also published as:** EP0877410 (A1)[Report a data error here](#)**Abstract of JP10321613**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To distribute uniformly on the surface of a wafer a process gas containing its components in a proper proportion, by providing a first gas distributor separately from the peripheral edge portion of the supporting surface of a substrate, and by providing a second gas distributor above and separately from the supporting surface of the substrate, and further, by providing a third gas distributor above the substrate and in the top central region of a chamber. **SOLUTION:** When depositing a fluorosilicate glass film out of silane, oxygen,  $\text{SiF}_4$ , and a precursor gas, the combination of  $\text{SiF}_4$  with oxygen is fed from a first gas feeding source 35 to introduce it into a chamber 18 through an orifice 38 of a nozzle 34. Also, silane is distributed in the chamber 18 from a second gas feeding source 35a via a second gas controller 37a and a nozzle 34. Further, by a third gas feeding source 58, silane or the mixture of silane with  $\text{SiF}_4$  is introduced into the chamber 18 from above a substrate 20. Thereby, a process gas containing its components in a proper proportion can be distributed uniformly on the surface of a wafer.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-321613

(43)公開日 平成10年(1998)12月4日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/31

H 0 1 L 21/31

C

C 2 3 C 14/34

C 2 3 C 14/34

M

16/44

16/44

D

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平10-122227

(71)出願人 390040660

(22)出願日 平成10年(1998)5月1日

アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッド

(31)優先権主張番号 08/851856

APPLIED MATERIALS, I  
NCORPORATED

(32)優先日 1997年5月6日

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

(33)優先権主張国 米国 (US)

95054 サンタ クララ パウアーズ ア  
ベニュー 3050

(72)発明者 シジアン リ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
サン ノゼ, ドニントン ドライヴ  
1202

(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

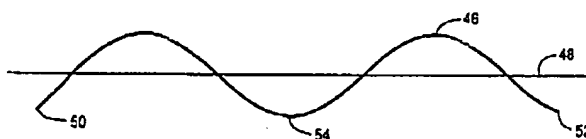
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 低比誘電率膜のための堆積チャンバ及び方法

(57)【要約】

【課題】 基板支持体(14)を収容するチャンバ(18)を画するハウジング(4)を含む改良された堆積チャンバ(2)を提供する。

【解決手段】 酸素と $\text{SiF}_4$ の混合物は第一のノズルセット(34)を通じて送られ、シランは第二のノズルセット(34a)を通じてチャンバ内の基板支持体の周縁部(40)の周りに送られる。シラン(又はシランと $\text{SiF}_4$ の混合物)及び酸素は、基板上方ほぼ中央領域で、オリフィス(64, 76)からチャンバ内へと別個に注入される。各々のガスについての最適の流速の使用と関連したガスの均一な分散は、膜全体にわたる均一な低い(3.4未満の)比誘電率をもたらす。



従来技術

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャンバを画するハウジングと、前記チャンバ内の、基板支持面を有する基板支持体と、前記基板支持面の周りに、チャンバ内に開口した第一の出口を有する第一のガス分配器と、前記基板支持面から離間して、前記基板支持面の中央領域のほぼ上方に置かれた第二の出口を有する第二のガス分配器と、前記基板支持面の上方ほぼ中央位置で前記真空チャンバ内に開口した第三の出口であって前記第二の出口を囲む第三の出口を有する第三のガス分配器と、を備える基板処理装置。

【請求項2】 前記ハウジングが頂部を含み、前記第二のガス分配器が、前記頂部を貫通して前記チャンバ内の前記第二の出口で終わる延長部を備えている請求項1に記載の基板処理装置。

【請求項3】 前記頂部が前記ハウジングを通して受入開口部を画し、前記第二のガス分配器が、前記受入開口部の上に置かれた、前記頂部に取り付けられた本体を更に備え、前記第二のガス分配器の延長部が前記受入開口部を貫通し、前記本体と前記頂部との間に捕捉された流体シールが、前記受入開口部の周囲を囲み、前記流体シールで一部分が画されて第三の出口と流体的に連結された経路が、前記経路に沿ったガスの通過によって、前記チャンバ内でガスが前記シールと接触することを防止するのに役立つようになっている請求項2に記載の基板処理装置。

【請求項4】 前記第三の出口が複数の開口部を備えた請求項1に記載の基板処理装置。

【請求項5】 前記第三の出口が環状オリフィスを備えた請求項1に記載の基板処理装置。

【請求項6】 チャンバを画するハウジングと、前記チャンバ内の、基板支持面を有する基板支持体と、前記基板支持面の周りに、チャンバ内に開口した第一の出口を有する第一のガス分配器と、前記基板支持面から離間して、前記基板支持面の中央領域のほぼ上方に置かれた第二の出口部を有する第二のガス分配器と、前記基板支持面の上方ほぼ中央位置で前記真空チャンバ内に開口した第三の出口を有する酸素供給ガス分配器と、を備える堆積チャンバ。

【請求項7】 前記ハウジングが頂部を含み、前記頂部が該頂部を通った受入開口部を画し、前記酸素供給ガス分配器と第二のガス分配器とのうちの選択された一つが、前記受入開口部の上に置かれた、前記頂部に取り付けられた本体を備え、前記選択された第二のガス分配器が、前記受入開口部を貫通して前記真空チャンバ内の前記第二の出口で終わる

延長部を備え、前記本体と前記頂部との間に捕捉された流体シールが、前記受入開口部の周囲を囲み、前記流体シールで一部分が画されて、前記ガス分配器の他方の出口と流体的に連結された経路が、前記酸素供給経路に沿ったガスの通過によって、前記チャンバ内でガスが前記シールと接触することを防止するのに役立つようになっている請求項6に記載のチャンバ。

【請求項8】 前記ガス分配器の前記他方が酸素供給ガス分配器である請求項7に記載のチャンバ。

【請求項9】 前記経路が、前記延長部から離間して外方且つ下方に延びた、前記ガス分配器の前記他方の前記出口の追加的なものを画す複数の通路部を備える請求項7に記載のチャンバ。

【請求項10】 前記酸素供給ガス分配器が、複数の前記第三の出口を備えた請求項6に記載のチャンバ。

【請求項11】 前記ハウジングに取り付けられた、1以上の高周波電源に接続された導電性コイルを更に備えた請求項6に記載のチャンバ。

【請求項12】 前記第一のガス分配器が、前記基板支持面に関して等しい距離で置かれた複数のノズルを含む請求項6に記載のチャンバ。

【請求項13】 前記第一のガス分配器が、第一のノズルセット及び第二のノズルセットを備え、前記第一のノズルセットが前記第二のノズルセットから流体的に分離されている請求項6に記載のチャンバ。

【請求項14】 前記第二のガス分配器がノズルを含み、前記第二の出口が一つのオリフィスを含む請求項6に記載のチャンバ。

【請求項15】 前記第二のガス分配器が複数のノズルを含み、前記第二の出口が複数のオリフィスを含む請求項6に記載のチャンバ。

【請求項16】 第一のプロセスガスを、チャンバ内の基板を囲む複数の位置からチャンバ内に噴射するステップと、第二のプロセスガスを、前記基板から離間した、該基板の上方ほぼ中央に位置する第一の領域でチャンバ内に噴射するステップと、酸素供給ガスを、前記基板から離間した、該基板の上方ほぼ中央に位置する第二の領域でチャンバ内に噴射するステップと、を備えた堆積チャンバ内で基板に膜を堆積する方法。

【請求項17】 第一のプロセスガスを、チャンバ内の基板を囲む複数の位置でチャンバ内に噴射するステップと、第二のプロセスガスを、前記基板から離間した、該基板とほぼ対面した位置にある第一の領域でチャンバ内に噴射するステップと、第三のプロセスガスを、前記第一の領域をほぼ囲んでいる、前記基板から離間した、該基板とほぼ対面した位置

にある第二の領域でチャンバ内に噴射するステップと、を備えた、堆積チャンバ内で基板上に膜を堆積する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、改良ガス分配装置を組み込んだ改良堆積チャンバに関する。本ガス分配装置は、適正な比率のプロセスガスが、均一にウエハ面にわたって分配されることを確実に促進する。本発明は、また、低比誘電率及び改良された均一性を有するFSG膜の堆積方法に関する。

【0002】

【従来の技術】最新の半導体デバイスを製造する基本的ステップの一つは、ガスの化学反応を用いて半導体基板上に薄い膜を形成することである。このような堆積プロセスは化学気相堆積(CVD)と呼ばれている。従来の熱CVDプロセスは、熱誘導化学反応が所望の膜を形成するために起こり得る基板表面に、反応性ガスを供給するものである。プラズマCVDプロセスは、高周波数(RF)エネルギーを基板表面に近接した反応領域に供給して、反応体ガスの励起及び／又は分離を促進し、もって反応性の高い種のプラズマを作り出すものである。遊離された種の高い反応性によって、化学反応を起こすために要求されるエネルギーが低減されて、従って、このようなCVDプロセスに要求される温度が低下される。

【0003】プラズマCVDチャンバの一つの設計においては、真空チャンバは、底部に沿った、陰極として働く平面の基板支持体と、頂部に沿った平面の陽極と、底部から上へと伸びる比較的短い側壁と、側壁に接している頂部を有する誘電性のドームとによって一般的に画成されている。誘電性コイルは、ドームの周りに据え付けられ、そしてソース高周波(SRF)電源に接続されている。陽極及び陰極は、通常、バイアス高周波電源(BRF)に連結されている。SRF電源から誘導コイルに加えられるエネルギーは、チャンバ内に誘導結合プラズマを形成する。このようなチャンバは、高密度プラズマCVD(HDP-CVD)チャンバと呼ばれている。

【0004】HDP-CVDチャンバには、等間隔に配置されたガス分配器(ノズル等)の2つ以上のセットが、通常、側壁に据え付けられており、基板支持面の縁部上方の領域まで延びている。各セットのガスノズルは、そのセット用の共通のマニホールドに連結されており、マニホールドは、ガスノズルにプロセスガスを提供する。ガスの組成は、主として、基板上に形成されるべき物質のタイプに依存する。例えば、フッ化ケイ酸ガラス(FSG)膜がチャンバ内に堆積される場合プロセスガスは、シラン( $\text{SiH}_4$ )、四フッ化シリコン( $\text{SiF}_4$ )、酸素( $\text{O}_2$ )及びアルゴン(Ar)を含むであろう。ガスノズルセットが一般に用いられるが、それはガ

スによっては、他のガスとは別個にチャンバ内に送られなければならないからである。他のガスは、共通のマニホールドを通じてノズルの共通のセットへと送られるであろう。例えば上述のFSGプロセスでは、 $\text{SiH}_4$ を $\text{O}_2$ と別個に導入することが好ましく、一方 $\text{O}_2$ 及び $\text{SiF}_4$ は容易に共に分配することができる。ノズルの先は、出口、通常はオリフィスを有し、それは、基板支持体の円周部上方に間隔を空けて円周パターンで配置されており、それを通じプロセスガスが流れる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】デバイスサイズが小さくなると、集積密度が増加し、半導体製造プロセスの要件に合うように処理技術を向上することが必要となる。そのような処理に重要な一つのパラメータは、膜の堆積の均一性である。膜の高い均一性を達成するためには、とりわけ、堆積チャンバ内への、そしてウエハ表面全体にわたるガスの分配を正確に制御することが必要である。理想的には、ウエハ面に沿った多くの点で導入されるガスの比(例えば、( $\text{SiH}_4 + \text{SiF}_4$ )に対する $\text{O}_2$ の比)は、等しくなければならない。

【0006】図1は、上述したような従来の堆積チャンバを用いた代表的なドーパされているケイ化ガラス(USG)堆積厚の変化のプロット46を示している。平均厚をベースライン48で示した。プロット46によって示されているように、基板20の円周部42に対応するプロット46の終点50及び52において、比較的急な厚さの増加がある。プロット46の中心54もまた、同様にかなり落ち込んでいる。

【0007】米国特許出願第08/571,618号明細書(1995年、12月13日出願)は、第三のガスコントローラ60と第三のガス供給ライン62を通っている第三のガス供給源58に連結された中央ノズル56を用いることにより、どのようにプロット46が改善されたかを開示している(この開示内容は本明細書に援用されている)。中央ノズル56は、基板支持面16の上方中央に配置されたオリフィス64を有する。中央ノズル56の使用は、図1のプロット46から図2の例示的なプロット68へと、USG堆積厚の変化プロット46の変更を可能とする。例示的な堆積厚変化プロット68は十分に平らであるので、堆積厚の標準偏差は一つのシグマの約1~2%になりうる。このことは主として、終点50、52におけるプロットの急な勾配を減少して、プロット46の中心54で低い点を持ち上げることににより達成される。

【0008】3層、4層或いはそれ以上のメタル層が半導体上に形成されるマルチレベルメタル技術の到来によって、半導体製造における他のゴールは、インターメタル誘電層等の絶縁層の比誘電率を低減することになった。低比誘電率膜は、インターメタル誘電(IMD)層にとって特に望ましく、相互接続メタライゼーションの

RC時間遅延を低減し、異なったレベルのメタライゼーション間のクロストークを防止し、デバイスパワー消費を低減する。

【0009】低比誘電率を得るための多くのアプローチが提案されている。一つ有望な解決策は、フッ素又は塩素若しくは臭素等の他のハロゲン元素をシリコン酸化層に入れることである。シリコン酸化膜のための好ましいハロゲンドーパントであるフッ素は、陰性原子であって全SiOFネットワークの分極率を低減するので、シリコン酸化膜の比誘電率を低減すると信じられている。フッ素ドーパされたシリコン酸化膜は、またフッ化ケイ酸ガラス(FSG)と呼ばれている。

【0010】上記より、FSG膜等の低減された比誘電率を有する酸化膜を生産することが望ましいことがわかるであろう。同時に、膜の均一性等の特性を改良するためにウエハ面に沿った全部の点でプロセスガスの分配を正確に制御する方法を提供することも望ましい。前に述べたように、膜堆積の均一性を改良するために採用される一つの方法が、上記の米国特許出願第08/571,618号明細書に記載されている。改良が行われているにも関わらず、これら及び他の関連する目的を達成するための新しい技術が、出現してくる技術に遅れをとらないように常に求められている。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、改良ガス分配装置を組み込んだ改良堆積チャンバに関する。本ガス分配装置は、適正な比率のプロセスガスが、均一にウエハ面にわたって分配されることを確実に促進する。本発明は、また、低比誘電率及び改良された均一性を有するFSG膜の堆積方法に関する。本発明は、(1)ガス(好ましくは、シラン、SiF<sub>4</sub>又はCF<sub>4</sub>等のフッ素供給ガス、及びO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O等の酸素供給ガス)の基板への均一な適用と、(2)ガスの最適の流速の選択(これは、好ましくは、特定のチャンバを用いた試験の結果として決定される)との組み合わせによって達成される。実施態様の中には、堆積FSG膜が比誘電率が3.4或いは3.3と低いものもある。FSG膜の比誘電率は少なくとも3.5より低いことが好ましい。

【0012】改良された堆積チャンバは、堆積チャンバを画成するハウジングを含む。基板支持体が、堆積チャンバ内に収容されている。第一のガス分配器は、基板支持面の円周の周縁部から離間してほぼその周縁部に、円周パターンで堆積チャンバ内に開口しているオリフィス又は他の出口を有する。第二のガス分配器(好ましくは中心のノズル)が用いられ、それは基板支持面から離間したその上方に配置されており、第三のガス分配器は酸素供給ガス(例えばO<sub>2</sub>)を、基板上方ほぼ中央領域のハウジング頂部を通してチャンバ内に分配する。これは、好ましくは、シラン(及び他のガス)を運ぶ中央ノズルとハウジング頂部の穴との間に作られた環状オリフ

イスに酸素を通すことによって達成される。一つの実施態様では、第一のガス分配器は第一及び第二のノズルセットを含んでいる。

【0013】本発明の一つの実施態様において、FSG膜がシラン、酸素、及びSiF<sub>4</sub>を含むプロセスガスから堆積される。酸素及びSiF<sub>4</sub>は、第一のノズルセットを通じて一緒にチャンバ内に分配され、そしてシラン(又はシラン及びSiF<sub>4</sub>)は、第二のノズルセットを通じて分配される。SiF<sub>4</sub>を酸素と混合すること、及び第一のノズルセットを通してこの組み合わせを導入することは、装置の複雑さを軽減し、従ってコストを下げることが可能である。シラン(またはシランとSiF<sub>4</sub>)は、第二ガス分配器から真空チャンバ内へと噴射されて、第二のガス分配器を使用せずに行う場合よりも、ガスの基板への均一な適用を改良され、酸素はガスの第三の分配器を通して分配される。このように、酸素は、好ましくはSiF<sub>4</sub>と混合されて、第一のガス分配器の第一のノズルセットを通じて両側面から、そしてまた基板の上方のシランと同じ領域内に提供される。また、環状オリフィスに酸素を通すことは、ハウジングの頂部と中央ノズルが伸びている本体との間で用いられているシールがチャンバ内の反応性ガスから攻撃されることを防止する。この利点は、シランが環状オリフィスを通り、酸素が中央ノズルを通った場合も維持される。

【0014】膜厚及び比誘電率の均一性はまた、基板の温度を基板全面にわたる均一な維持を確保することにより、そして、スパッタリング均一性を達成するためにソースRF電源を用いることにより高められる。

【0015】本発明の方法の基本的観点の一つは、チャンバに入る酸素の均一な分布の確保が非常に重要であるという認識である。このことは、酸素をチャンバ頂部及びチャンバ側面の両方から流すことにより達成される。更に、チャンバ頂部を通る酸素の流れの経路を適当に配置すると、酸素が、フッ素等の反応性ガスと接触することからくる有害な影響からシール要素を保護する働きをすることができる。

【0016】ガスを基板に均一に供給することの必要性に加えて、安定した膜を堆積するためと、その膜に対して最少の比誘電率を達成するために、ガス、例えばO<sub>2</sub>、SiH<sub>4</sub>及びSiF<sub>4</sub>の正しい比を用いることが必要である。各ガスのための適当な流速は、用いる特定のチャンバに応じて変化する。従って、本発明の更なる観点は、種々の流速比をテストして、最少の比誘電率を有する高品質の誘電性膜を提供する流速のセットを見いだすことである。

【0017】本発明の他の性質及び利点は、好ましい実施態様を添付の図面を参照しながら詳細に記載した以下の記載から明らかになるであろう。

【0018】

【発明の実施の形態】図3は、2組のRF誘導コイル

8, 9に包囲されたほぼ円筒状の誘電性囲壁部6を含むハウジング4を備えた堆積チャンバ2を説明したものである。囲壁部6は、誘電性物質以外のRF透過性の物質から作られているであろう。コイル8, 9には、一対のRF電源10, 11から電流が供給されている。チャンバ2はまた、ハウジング4によりその内部に画された真空チャンバ18内に、基板支持面16を有する水冷式の基板支持体14を含む。表面16は、チャンバ18内に基板20を支持するために用いられる。基板支持体14は、陰極として働き、そしてマッチング回路24を通じてバイアスRF電源22に接続されている。ハウジング4のほぼ筒状の側壁30は、ハウジング4の底部32を誘電性囲壁部6に接続している。側壁30は、陽極として働く。

【0019】プロセスガスは、2セットの12本の均等に離間されて配置されたノズル34, 34aを通じて、真空チャンバ18の基板20を囲む領域に導入される。ノズル34, 34aは、環状パターンで配置されており、そして、それぞれガスマニホールド36, 36aに流体的に接続されている。マニホールド36, 36aには、第一ガスコントローラ37並びに第二のガスコントローラ37a及び第一のガス供給ライン39並びに第二のガス供給ライン39aを通じて、第一ガス供給源35及び第二のガス供給源35aからプロセスガスが供給される。各ノズル34, 34aは、その端部にオリフィス38を有する。ノズル34, 34aのオリフィス38は、基板支持体14の円周部40上方に、従って基板20の円周部42上方に配置されている。真空チャンバ18は、排気ポート44を通じて排気される。

【0020】チャンバ2の種々の構成部品は、プロセッサ(図示せず)によって制御されている。プロセッサは、コンピュータ読取可能媒体(同様に図示せず)に保存されたコンピュータプログラムの制御下で作動される。コンピュータプログラムは、種々の作動パラメータ、例えば、タイミング、ガスの混合、チャンバ圧、基板支持体温度及びRF電流レベルを指示する。

【0021】本発明は、基板20上方に配置された改良ガス分配構成部材65を提供することによって上記構造を改良する。好ましい実施形態では、ガス分配構成部材65は、囲壁部6の頂部75に取り付けられた本体72に形成されたガス経路70を含む。中央ノズル56が、頂部75に形成された開口部74を貫通している。ノズル56及び開口部74は、真空チャンバ18及びガス経路70を流体的に連通して環状オリフィス76を提供している。流体シール78が本体72と、頂部75との間に設けられている。従って、ガスは経路70を通り、本体72と頂部75との間に領域に入り、最終的に環状オリフィス76に沿って進む。

【0022】好ましい実施形態では、本発明の装置は、シラン、酸素及びSiF<sub>4</sub>前駆ガスからFSG膜を堆積

するために用いられる。本実施形態で本発明は、好ましくは、SiF<sub>4</sub>と酸素の組み合わせを第一のガス供給源35から供給し、ノズル34のオリフィス38を通してチャンバ18中に導入する。そのようにすることにより、これらのガスの分配が簡略化されて、コストの削減に役立つ。シラン(SiH<sub>4</sub>)は、好ましくは、第二のガス供給源35aから、第二のガスコントローラ37aを通じて、そしてノズル34を通してチャンバ18中に分配される。更に、第三のガス供給源58は、好ましくは、上記の基板20の上方から、シラン(又は、例えば、シランとSiF<sub>4</sub>の混合物)をチャンバ18中に導入するために用いられる。これと関連して、酸素も、経路70及び環状オリフィス76を通るシランの流動経路とは別の流動経路に沿って、基板20の上方の位置からチャンバ18内に向けられる。

【0023】酸素は、比較的安定なガス、例えば、SiF<sub>4</sub>と混合されうるが、シランと酸素の反応性のため、これらの成分は、それらがチャンバ18内に導入されるまで別々に保存されなければならない。これを達成するために、別々のノズル34, 34aが、基板支持体34の周りの領域で用いられ、また、酸素は、本体72中に形成されたガス経路70を通して導入される。経路70は、酸素コントローラ73を通じて酸素供給源71と連結している。第三のガスライン62は、本体72を通過して中央ノズル56で終わっている。このように酸素を噴射することにより、例えばフッ素化合物(これはさもなければ流体シール78に有害に影響しうる)のガスが、流動している酸素の洗浄効果または除去効果によって、流体シールと反応することを防げる。他の実施形態では、シール78を劣化させない酸素以外のガスもまた使用可能である。

【0024】ガス経路70を通して酸素を分配する他の利点は、酸素がシラン或いは他のガスと比較して比較的長い滞在時間を有することである。シランの滞在時間が短いので、シランがオリフィス76に導入されたときに比較的急速に解離して、オリフィス内及び経路70内のオリフィス上流で粒子形成をもたらす可能性がある。分子状酸素はシランより長い滞在時間を有する。従って酸素が代わりにオリフィス76を通して分配されても問題ではない。

【0025】この方法でFSG膜を堆積すると、3.5より小さく、3.4或いは3.3より小さくさえある比誘電率を有する安定した膜(450℃までHF或いはH<sub>2</sub>Oアウトガスが実質的にない)をもたらす。これらの低い比誘電率の値は、基板20上にはほぼ均一な態様で達成される。装置のサイズが小さくなるほど、近接する離間した導体間のキャパシタンスが自然に増加するので、比誘電率の均一な減少が重要である。キャパシタンスを減少させるために、従って装置の操作速度を上げるためには、堆積された誘電性膜の比誘電率を減少させなければ

ばならない。

【0026】上記で述べた構造を用いたガス分配の均一性と関連して、均一な比誘電率は、基板20全面にわたる温度の均一性及びスパッタリングの均一性にも依存する。例えば、米国特許出願第08/641,147号明細書(1996年4月25日出願、発明の名称「低減された接触面積及び温度フィードバックを有する圧力領域を備えた基板支持体(Substrate Support with Pressure Zones Having Reduced Contact Area and Temperature Feedback)」、発明者:B. Lue, T. Ishikawa, F. Redeker, M. WongとS. Li、この出願はアプライド マテリアル インコーポレイテッドに譲渡されている)を参照されたい。この内容は、基板に沿ったより均一な温度分布を達成するために用いることができる構造の説明のためには援用されている。米国特許出願第08/389,888号明細書(1995年2月15日出願、発明の名称「誘導結合されたプラズマリアクタのRF電源の自動周波数チューニング」)及び米国特許出願番号第08/507,726号明細書(1995年7月26日出願、発明の名称「電子的に可変の密度プロファイルを有するプラズマ源」)(これらの出願もまたアプライド マテリアル インコーポレイテッドに譲渡されている)は、高められたスパッタリング均一性のための構造を教示している。これら3つの出願の全ての開示内容は、本明細書に援用されている。

【0027】 $\text{SiF}_4$ 及びシランの全流量を変更することは、堆積速度、従ってスループットに影響を与える。高いスループットは、高いスパッタリング率及び高いエッチング率を与えるために、バイアス電源22からの高いバイアス電力を要求する。高いバイアス電力、故に高いスループットは、エッチング速度が基板の温度に大きく影響されるために、基板20全面わたる温度均一性が達成された場合のみ可能である。

【0028】用いられるべき $\text{SiF}_4$ 、シラン( $\text{SiH}_4$ )及び酸素の量を決定すると、全く新しい複雑な層が作り出される。(例えば、 $\text{SiH}_4$ 及び $\text{SiF}_4$ からの)ケイ素の全流速が一定に保たれると仮定すると、これらの種々の成分の使用に関していくつかの基本的な説明が成されることができると信じられている。用いられる酸素があまりに少ないと、堆積速度は劇的に落ち、従ってプロセスは非常に不十分な結果となる。酸素が少なすぎると、膜を、膜中に過剰な遊離のフッ素が取り込まれたシリコンリッチな状態にする可能性がある。過剰な酸素が用いられると、得られる膜は、一層USGとなって比誘電率は高くなる。過剰な $\text{SiF}_4$ が用いられると、老化の問題が結果として起こる。老化の問題は、得られた膜の複合化合物中に強く結合されていないフッ素が長時間にわたって遊離されて、デバイスの劣化を引き起すために起きる。過剰なシランは、膜を一層USGのように挙動させ、望まないレベルの比誘電率がもたらされる。

【0029】基板表面における酸素、 $\text{SiF}_4$ 及びシランの最適量は、化学量論的比率である。しかしながら、チャンバ2及びその他の堆積チャンバを含む堆積チャンバ中に化学量論的比率のガスを流すことは、化学量論的比率でない基板表面でのガス比率をもたらし得る。基板表面にて化学量論的比率を達成するために必要な実際の堆積チャンバ中へ流れ込むガス比率は、特定のチャンバの構造に少なくとも部分的に従って、化学量論的比率から変更される。チャンバをより効率よくすればするほど、ガスの無駄が少なくなり、従ってガス流速は使用可能な化学量論的量に近くなる。

【0030】3.5、好ましくは3.4、更に好ましくは3.3未満の所望の比誘電率を達成する、特定のチャンバでの $\text{SiF}_4$ 、シラン及び酸素の適当な相対的な流速を決定するために、3つの要素の比を、基板20上に複数の誘電性膜を形成する所望の方法において変化させることができ、次いで、各誘電性膜の種々の位置で比誘電率を測定することができるであろう。しかしながら、相対的な量には限界がある。 $\text{SiF}_4$ 及びシランが過剰又は過少であることからくる問題を低減又は排除するためには、 $\text{SiF}_4$ の百分率は全ケイ素-供給ガスの約40%~60%であるべきである。酸素は、全ケイ素-供給ガスの約60%~100%であるべきである。

【0031】図4に、シラン対酸素に対する $\text{SiF}_4$ の比を変化させた一連のテストの結果を示す。全反応性ガス流速、すなわち、 $\text{SiF}_4$ とシランの組み合わせ(これは、一定量のケイ素をもたらす)の流速を選択して、その全流速を、 $\text{SiF}_4$ とシランの種々の割合を達成するために $\text{SiF}_4$ とシランとの間で分配し、次いで、それらの割合を用いて、酸素流速を変化させることによって、酸素流速に対する比誘電率の図4に示されているグラフを得た。このタイプのグラフは、非常に有用なデータを提供する。

【0032】36.4 sccm ( $\text{cm}^3/\text{秒}$ )のシランに対して44 sccmの $\text{SiF}_4$ から得られるプロットAは、約62 sccmの酸素流速での約3.4から約110 sccmの酸素流速での約3.8の比誘電率という結果をもたらす。シランに対する $\text{SiF}_4$ のこの比において、どこで最低の比誘電率となるかは、このグラフからは明らかでない。しかしながら、受け入れられない低い酸素流速で比誘電率が最低となるであろうことは明らかである。 $\text{SiF}_4$ 対シランのsccm流速比が3対44.4であるプロットBは、60 sccmの酸素流速で、最低比誘電率:約3.2を示している。プロットC及びDは、それぞれ、約3.5及び3.6の最低比誘電率を有する。このグラフより明らかなように、 $\text{SiF}_4$ 対シランのこれらの特定の比にとっては、プロットBの比が、許容できるレベルの酸素流速において最低比誘電率を提供する。プロットA及びプロットBを再検討すると、これら2つのプロットに対して用いた割合の間での

SiF<sub>4</sub>対シランの割合は、プロットBに対する割合で達成可能な比誘電率より低い比誘電率を与えうる。

【0033】従って、本発明は、低減された比誘電率を達成するために、SiF<sub>4</sub>（又は他のフッ素供給ガス）及びシランの化合物を用いて、低比誘電率を有する膜をどのように達成するかを決定する有用且つ効率的な方法を提供する。各々のテスト用の一つの全反応性ガス流速を選択した上記の方法が、現時点では好ましい一方、比誘電率に関する情報を整然と集めるための他の方法もまた遂行されることができる。例えば、3つの全てを可変し、全体のパラメータ内において変化させることも望ましいであろう。

【0034】実施において、低比誘電率を有する膜は、通常、種々のテスト結果をプロットする上述した方法を用いて、SiF<sub>4</sub>、シラン及び酸素の適当な流速をまず決定することにより、基板20上に堆積されることができる。特定のチャンバに対する望ましい速度が決定されると、シランが第二のガス供給源35aからチャンバ18内に導入され、シランとSiF<sub>4</sub>の混合物が第三のガス供給源58からチャンバ18内に導入され、酸素が酸素供給源71からチャンバ内に導入され、そして酸素とSiF<sub>4</sub>の混合物が第一のガス供給源35からチャンバ18内に導入される。アルゴンもまた第一及び第三の供給源35、58から導入される。堆積均一性の達成はまた、基板20の温度を表面全面にわたって確実に均一に制御することと、均一なスパッタリングの達成を助長するために可変周波数RF電源10、11を用いることによって補助される。

【0035】上記の実施形態は、8インチ（20cm）の直径の基板20用に設計された。例えば12インチ（30cm）の直径の基板等の大口径の基板は、図5のノズル組立品56'によって示された複数の中央ノズル56aの使用を必要とするであろう。このような実施形態での堆積厚の変化のプロットは、（図3に示されるような）3つの出っ張り、4つの出っ張りまたは5つの出っ張り形状を有するであろう。堆積厚プロットの特徴的な形状は、中央ノズル56a及びオリフィス64のタイプ、数、向き及びそれらの間隔によって影響されるであろう。

【0036】オリフィス76に加えて、酸素もまた、図6に示すような複数の下向きで且つ外向きに延びている経路80を通じてチャンバ18内に送られるであろう。各経路80は、酸素がチャンバ18内に入り込むオリフィス82を有している。所望の場合は、他のガス、例えばアルゴンが、オリフィス64を通るシラン又は環状オリフィス76又はオリフィス82を通る酸素の一方又は両方と混合されるであろう。

【0037】特許請求の範囲の請求項に記載の発明の主題から離れることなく、本明細書中に開示した実施形態に改良又は変更を加えることが可能である。例えば、中

央ノズル56は、複数の吹き出し口を有するシャワーヘッドタイプのガス分配器又はガス出口の環状のアレイによって置換することもできる。同様に、ノズル34、34a又は56aは、例えば、プロセスガスが貫通してチャンバ18内に分配されるガス出口又はオリフィスを有する環状又は環状様の構造によって置換されうる。ノズル34と34aは別々のノズルであるのが好ましいが、ノズル34の単一のセットを、酸素以外のシラン及びSiF<sub>4</sub>を供給するために用いることもできる。オリフィス76は、環状リングではなく、中央ノズル56を中心として円形に配置された複数の小さな開口部を含むことができる。酸素供給源71及び第三のガス供給源58は、供給源71がノズル56に連結され、供給源58が経路70に連結されるよう切り換えられることもできる。

【0038】更に、シラン、酸素或いはSiF<sub>4</sub>以外のガスを用いることもできる。例えばテトラエチロキシシリケート（TEOS）等の他のシリコン源、N<sub>2</sub>O等の他の酸素源及びC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>等のフッ素源も使用可能である。本発明のチャンバを他のハロゲンドーパされた膜、USG膜、低kカーボン膜等を堆積するために使用することもできる。これらの実施形態の中で、例えば低kカーボン膜が堆積される実施形態では、酸素は、プロセスガスに含まれないであろう。従って、これらの実施形態では、例えば窒素といった他のガスが、オリフィス76を通して導入されるであろう。これらの等価物及び代替物が本発明の範囲に含まれることが意図されている。他の変形が当業者に明らかであろう。従って、添付請求項で提供される内容以外本発明を限定することを意図したものではない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術の堆積厚変化のプロットの特徴的なM形を示す誇張図である。

【図2】米国特許出願第08/571,618号明細書の装置を用いた場合の、図1の堆積厚変化のプロットの改良の様子を示した図である。

【図3】本発明の一実施形態に従って作られた堆積チャンバを示した概略断面図である。

【図4】SiF<sub>4</sub>対シランの種々の流速比における、比誘電率対酸素流速のグラフである。

【図5】3つのオリフィスを有する図3の中央ノズルの代替実施態様の簡略図である。

【図6】追加の酸素経路を示した中央ノズル領域の図である。

#### 【符号の説明】

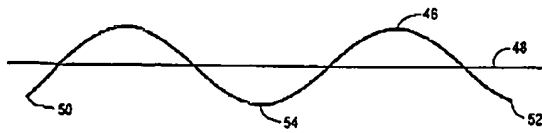
2…堆積チャンバ、4…ハウジング、6…囲壁部、8、9…RF誘導コイル、10、11…RF電源、14…基板支持体、16…基板支持面、18…真空チャンバ、20…基板、22…バイアスRF電源、24…マッチング回路、30…側壁、32…底部、34、34a…ノズ



ル、35…第一のガス供給源、35a…第二のガス供給源、36、36a…ガスマニホールド、37…第一のガスコントローラ、37a…第二のガスコントローラ、38…オリフィス、39…第一のガス供給ライン、39a…第二のガス供給ライン、40…円周部、42…円周部、56…中央ノズル、58…第三のガス供給源、62

…第三のガスライン、64…オリフィス、65…ガス分配構成部材、70…経路、71…酸素供給源、72…本体、73…酸素コントローラ、74…開口部、75…頂部、76…環状オリフィス、78…流体シール、80…経路、82…オリフィス。

【図1】

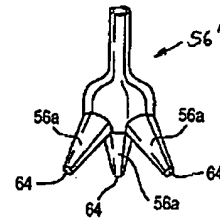


従来技術

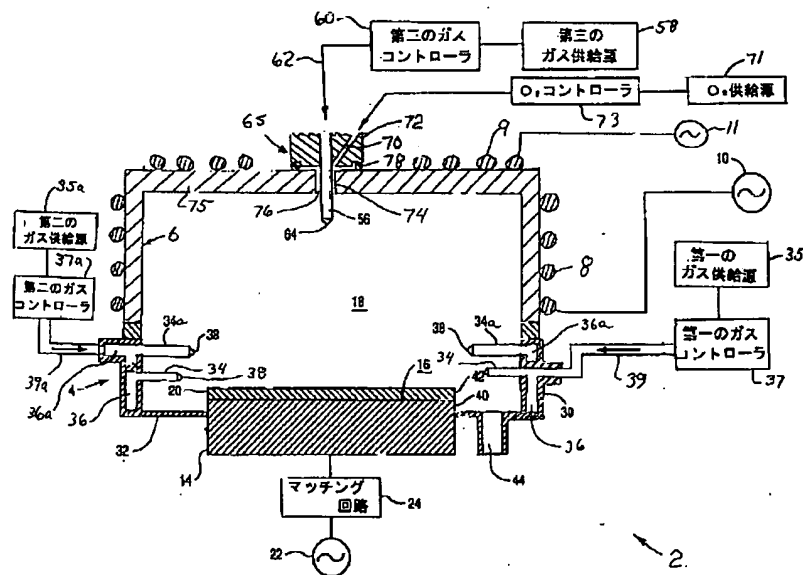
【図2】



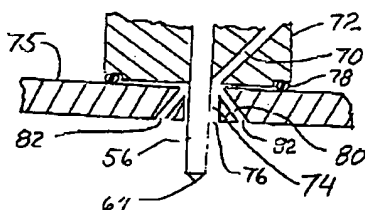
【図5】



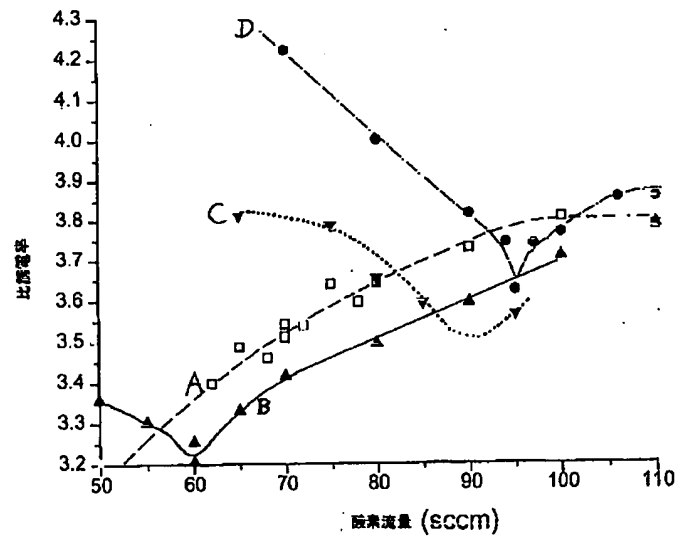
【図3】



【図6】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 ヤシン ワン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
サン ノゼ, パーク レーン 7221,  
ナンバー4

(72)発明者 フリッツ レデカー

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
フリーモント, スー ドライヴ 1801

(72)発明者 石川 哲也

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
サンタ クララ, ブラッサム ドライヴ  
873

(72)発明者 アラン ダブリュー. コリンズ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
サン フランシスコ, ヴァーモント ス  
トリート 735